



## XIV SYMPOZJUM

# STUDENCKICH KÓŁ NAUKOWYCH

Wydziału Budownictwa Architektury i Inżynierii Środowiska

Mała Ciche 2019 rok



## ANALIZA SYSTEMÓW GRZEWczyCH

Agata Bednarowicz

### 1. Wstęp

Projekt wykonano we współpracy z uczelnią partnerską Hochschule Merseburg (Niemcy), w laboratorium „Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik”, podczas pobytu na wymianie zagranicznej Erasmus+. W ramach współpracy przeanalizowano w okresie od marca do lipca 2018 roku parametry pracy trzech różnych urządzeń grzewczych: pompy ciepła, niskotemperaturowego kotła gazowego i gazowego kotła kondensacyjnego.

Tematyka związana z wytwarzaniem i rozprowadzaniem ciepła w budynkach jest ważnym zagadnieniem z punktu widzenia użytkownika obiektu. Jedną z podstawowych funkcji instalacji grzewczej, będącej wyposażeniem budynku, jest zapewnienie osobom w nim przebywającym odpowiednich warunków komfortu cieplnego, na który składa się między innymi: wilgotność, prędkość ruchu powietrza oraz odpowiednia temperatura wewnątrz budynku. Temperatura jest osiągana poprzez zastosowanie źródła ciepła, które potrzebuje nośnika energii w postaci paliwa bądź energii elektrycznej [1].

Obecnie bazuje się na paliwach konwencjonalnych, takich jak: ropa, olej czy gaz. Wykorzystanie tych paliw oraz duże zapotrzebowanie na energię jest konsekwencją stale rosnącej liczby ludności i pośrednio negatywnie wpływa na stan środowiska oraz zdrowie organizmów żywych [2]. Jednocześnie, pomimo że zasoby paliw naturalnych są w stanie pokryć zapotrzebowanie kilku następnych pokoleń, to jednak natura nie jest już w stanie sama się zregenerować [2]. Z tego względu coraz częściej podejmowane są kroki zmierzające ku zmniejszeniu wykorzystania paliw konwencjonalnych oraz zahamowania dalszej destrukcji środowiska. Jednym z działań zmierzających do poprawy tej sytuacji jest poszukiwanie bardziej proekologicznych rozwiązań grzewczych.

W efekcie coraz większą popularność zyskuje gaz, który mimo że jest paliwem konwencjonalnym, to jest uważany za jeden z najczystszych nośników energii. Związane jest to z tym, że produkty jego spalania są znacznie mniej szkodliwe, ze względu na brak zawartych w nich pyłów (w przeciwieństwie do pozostałych paliw konwencjonalnych). Na skutek tego zaczęto

propagować wykorzystywanie kotłów gazowych oraz rozbudowywać miejskie sieci gazowe [3]. Następnym krokiem było unowocześnianie technologii spalania gazu poprzez wykorzystanie ciepła zawartego w spalinach, które wcześniej było bezpowrotnie tracone. W konsekwencji na rynek wprowadzono gazowe kotły kondensacyjne, które osiągają sprawność wyższą od swoich niskotemperaturowych poprzedników.

Należy w tym momencie zwrócić uwagę, że głównym celem polityki proekologicznej jest jednak kompletne zaprzestanie korzystania z przestarzałych i szkodliwych paliw tradycyjnych oraz skupienie się na wykorzystywaniu energii odnawialnej pozyskiwanej od środowiska. Z tego względu obecnie coraz większą popularność zyskują pompy ciepła, które są najbardziej ekologicznym zamiennikiem tradycyjnych źródeł ciepła, ponieważ są one w stanie odzyskiwać ciepło zmagazynowane w glebie, wodzie oraz w powietrzu i przekazywać je do instalacji grzewczej. Ponadto urządzenia te wykazują wysoką efektywność i nie emitują bezpośrednio zanieczyszczeń do atmosfery. Jednak mimo swoich niezaprzeczalnych zalet, są one nadal dość kosztownym rozwiązaniem, co niestety w większości przypadków ciągle zniechęca do ich zakupu. Z tego względu powstają lokalne programy wsparcia finansowego, które mają zachęcić do poniesienia nakładów finansowych na tego rodzaju proekologiczne urządzenia grzewcze.

## **2. Przedmiot projektu**

Praca miała na celu przeprowadzenie laboratoryjnych pomiarów parametrów pracy trzech wybranych źródeł ciepła oraz wzajemne porównanie ich możliwości. Analizie poddane zostały urządzenia, które znajdują obecnie szerokie zastosowanie w instalacjach grzewczych, czyli:

- pompa ciepła pracująca w systemie woda/woda;
- niskotemperaturowy kocioł gazowy;
- gazowy kocioł kondensacyjny.

W ramach projektu określono następujące parametry pracy urządzeń:

- moc otrzymaną w wyniku pracy wybranych urządzeń grzewczych;
- temperatury pracy instalacji (osiąganą temperaturę zasilania i powrotu);
- ilość wykorzystanego paliwa bądź energii elektrycznej;
- strumień przepływającej wody w instalacji;
- sprawność poszczególnych urządzeń.

W przypadku kotłów gazowych dodatkowo pomiar dotyczył:

- straty ciepła w spalinach i instalacji grzewczej;
- stężenia substancji (tlen, tlenku i ditlenku węgla oraz tlenków azotu) emitowanych w czasie pracy kotłów.

Dzięki temu możliwa była analiza następujących aspektów związanych z pracą wcześniej wymienionych urządzeń:

- sprawność poszczególnych systemów grzewczych;
- wpływ systemów na środowisko;
- niezawodność pracy;
- współpraca z systemami instalacji grzewczych;

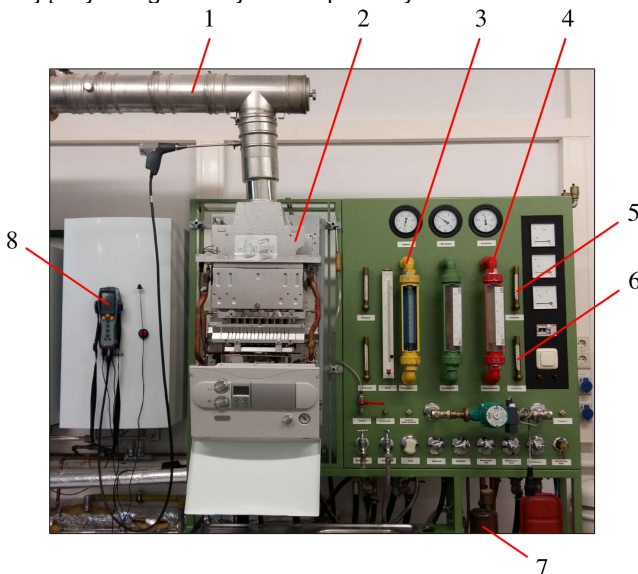
- koszty inwestycyjne i eksploatacyjne poszczególnych rozwiązań;
- możliwości uzyskania dofinansowania do zakupu analizowanych urządzeń.

### 3. Podstawowe informacje o urządzeniach

Główną funkcją omawianych urządzeń jest wytwarzanie ciepła na potrzeby grzewcze obiektów budowlanych. Jednak wymienione/analizowane źródła ciepła pracują na innych zasadach. Dlatego poniżej zestawiono najważniejsze informacje o działaniu trzech analizowanych urządzeń, w tym przedstawiono stanowiska pomiarowe wykorzystane w projekcie.

#### 3.1. Kotły gazowe

Są to urządzenia spalające gaz ziemny bądź płynny, w wyniku czego wytwarzane jest ciepło, które następnie przekazywane jest do wody grzewczej. Zgodnie z klasyfikacją kotłowni [4], wodne kotły niskotemperaturowe podgrzewają czynnik grzewczy do temperatury 100 °C.



Rys. 1. Schemat instalacji gazowego kotła niskotemperaturowego: 1 – przewód spalinowy, 2 – kocioł grzewczy, 3 – przepływomierz pływakowy gazu ziemnego, 4 – przepływomierz pływakowy wody grzewczej, 5 – termometr wody grzewczej na zasilaniu, 6 – termometr wody grzewczej na powrocie, 7 – odbiornik ciepła, 8 – analizator spalin, 9 – sonda analizatora spalin

*Źródło: zasoby własne.*

Kotły niskotemperaturowe są obecnie dość powszechnym rozwiązaniem, jednak nadal nie tak popularnym jak kotły opalane węglem. Jest to spowodowane niewystarczającymi zasobami naturalnymi gazu na terenie naszego kraju oraz niedostatecznie rozbudowaną siecią gazową. Niemniej jednak jest to rozwiązanie bardziej przyjazne dla środowiska niż spalanie paliw konwencjonalnych, ze względu na niższą emisję zanieczyszczeń podczas spalania oraz brak pozostałości w postaci popiołu [3].

Instalacja grzewcza, na której przeprowadzono pomiary, znajduje się w Hochschule Merseburg w laboratorium Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik. Stanowisko badawcze składa się z niskotemperaturowego gazowego kotła grzewczego oraz aparatury pomiarowej, znajdującej się na wspólnym panelu. Całość instalacji przedstawiona jest na rys. 1.

### 3.2. Pompa ciepła

Jest elektrycznym urządzeniem, które wykorzystuje zjawiska fizyczne, które opisane są przez zasady termodynamiki w celu uzyskania ciepła ze źródeł o relatywnie niskiej temperaturze (dolnych źródeł ciepła) i przekazania go do systemu wewnętrznego budynku (górnego źródła ciepła). Źródłami ciepła wykorzystywanymi przez pompę ciepła mogą być: ziemia, woda, powietrze, a także ścieki. Wymienione źródła zawierają energię zwaną ciepłem utajonym, którą odzyskuje pompa ciepła.



Rys. 2. Instalacja pompy ciepła i jej komponentów: 1 – sprężarka, 2 – zbiornik na skropliny, 3 – skraplacz, 4 – zawór rozprężny, 5 – dwa parowniki (wodny i powietrzny)  
*Źródło: zasoby własne.*

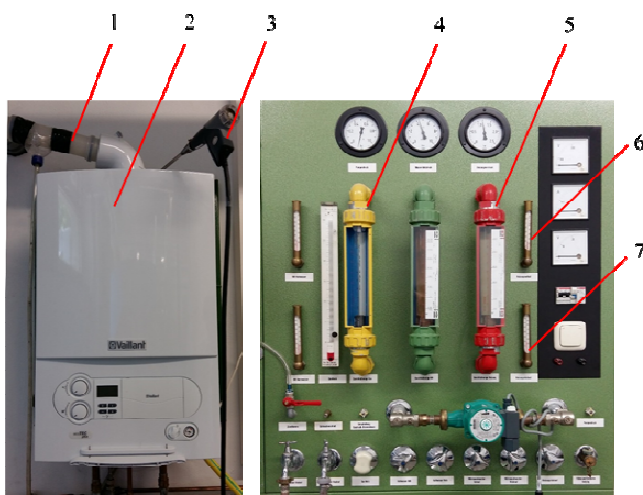
Czynnikiem, dzięki któremu ciepło może być przenoszone jest specjalna substancja, zwana czynnikiem roboczym. Dzięki bardzo niskiej temperaturze wrzenia, medium ulega po kolei różnym przemianom, takim jak: odprowadzanie, sprężanie, kondensacja i rozprężanie, aby na końcu oddać ciepło do systemu grzewczego. W efekcie, projektując odpowiedni cykl, określając

kolejność przemian w obiegu i stosując odpowiednie urządzenia, pompa ciepła może stać się niezawodnym źródłem ciepła [5].

Instalacja grzewcza wykorzystana w projekcie znajduje się w laboratorium uczelnianym należącym do Hochschule Merseburg. Stanowisko pomiarowe składa się z pompy ciepła R833 firmy P.A. Hilton Ltd [6], która pracuje na czynniku chłodniczym R134a (1,1,1,2 – Tetrafluoroetan) [7]. Instalacja jest kompletnym zestawem służącym do celów edukacyjnych i jest przedstawiona na rysunku 2.

### 3.3. Kotły kondensacyjne

Są urządzeniami gazowymi, które spalają gaz ziemny, bądź płynny. Ich działanie różni się od działania kotłów niskotemperaturowych tym, że odzyskują one ciepło z pary wodnej zawartej w spalinach poprzez jej skroplenie. Energia zawarta w spalinach, zwana ciepłem utajonym, jest w przypadku kotłów niskotemperaturowych bezpowrotnie tracona. Wpływa to na znacznie mniejsze wartości sprawności kotłów niskotemperaturowych w porównaniu do kotłów kondensacyjnych, w których odzysk energii ze spalin możliwy jest dzięki odmiennej konstrukcji wymiennika ciepła [3].



Rys. 3. Kocioł kondensacyjny i armatura pomiarowa: 1 – przewód spalinowy, 2 – kocioł grzewczy, 3 – sonda analizatora spalin, 4 – przepływomierz pływakowy gazu ziemnego, 5 – przepływomierz pływakowy wody grzewczej, 6 – termometr wody grzewczej na zasilaniu, 7 – termometr wody grzewczej na powrocie  
*Źródło: Zasoby własne.*




Instalacja, tak jak w przypadku poprzedniego eksperymentu, znajduje się w laboratorium uczelnianym należącym do Hochschule Merseburg. Stanowisko badawcze składa się z kondensacyjnego kotła gazowego oraz aparatury pomiarowej (analizatora spalin, przepływomierza pływakowego

gazu ziemnego, przepływomierza pływakowego wody grzewczej, termometru wody grzewczej na zasilaniu oraz termometru wody grzewczej na powrocie). Całość instalacji przedstawiona jest na rysunku 3.

#### 4. Porównanie urządzeń

Po wykonaniu eksperymentów na gazowym kotle niskotemperaturowym, gazowym kotle kondensacyjnym oraz na pompie ciepła, i po uzyskaniu parametrów pracy, takich jak: sprawność, osiągnięte temperatury pracy, straty ciepła oraz emisja zanieczyszczeń, porównano te urządzenia pod względem wyżej wymienionych parametrów. Z pomocą pomiarów oraz dzięki danym zawartym w literaturze przedmiotu możliwe było również określenie niezawodności systemów, a mianowicie określenie, czy i w jakim stopniu ich działanie jest uzależnione od temperatur zewnętrznych. Ponadto z wykorzystaniem kalkulatora online, oferowanego przez producenta pomp ciepła, poddano analizie koszty eksploatacyjne, a z pomocą katalogów producentów urządzeń oszacowane zostały koszty inwestycyjne pompy ciepła oraz kondensacyjnego kotła gazowego. Ostateczne wyniki analizy zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

	POMPA CIEPŁA	NISKOTEMP. KOCIOŁ GAZOWY	GAZOWY KOCIOŁ KONDENSAC
Najwyższa otrzymana sprawność/COP	4,1	95,1%	103,1%
Emisja spalin w miejscu pracy urządzenia	☺	☹	☹
Rodzaj systemu ogrzewania	niskotemperaturowy	wysokotemperaturowy	niskotemperaturowy
Koszty inwestycyjne	☹	☺	☹
Koszty eksploatacyjne <sup>1</sup>	☺	☹	☹
Finansowanie			

Źródło:<sup>1</sup> <http://sofath.pl/kalkulator-oszczednosci>

#### 5. Podsumowanie

Analiza potwierdziła, że pompa ciepła jest najbardziej efektywnym urządzeniem spośród wszystkich badanych (osiągnęła najwyższą sprawność). Jej zaletą jest również kontrolowana emisja zanieczyszczeń (w elektrowniach), która powstaje po wyprodukowaniu energii elektrycznej niezbędną

do pracy pompy. Mimo to, największą wadą pomp ciepła jest cena, która może zniechęcić do ich zakupu.

Na kolejnej pozycji uplasował się gazowy kocioł kondensacyjny, który dzięki wykorzystaniu ciepła zawartego w spalinach jest w stanie osiągnąć wyższą sprawność od niskotemperaturowych kotłów gazowych. Wspomniany niskotemperaturowy kocioł gazowy uzyskał najniższą sprawność spośród wszystkich urządzeń. Obecnie dąży się do stopniowego wycofywania tych urządzeń z rynku, ze względu na fakt, że mają one niższą sprawności w porównaniu z urządzeniami kondensacyjnymi. Reguluje to europejska dyrektywa [8], która nakłada na producentów wymóg osiągania przez wprowadzane na rynek urządzenia określonej efektywności. Takie działanie ma pomóc w osiągnięciu zadowalającej jakości powietrza oraz uniezależnieniu się od paliw kopalnych, których spalanie w przeciwieństwie do urządzeń gazowych wytwarza niebezpieczne produkty uboczne [9].

Jednocześnie należy pamiętać, że dobór systemu grzewczego, a tym samym źródła ciepła powinien być dokonany po rozważeniu szeregu czynników. Do najważniejszych aspektów należą: klimat, warunki gruntowo-wodne, dostęp do sieci gazu ziemnego, koszty inwestycyjne oraz eksploatacyjne, a także preferowany rodzaj systemu grzewczego (wysoko- bądź niskotemperaturowy). Nakłada się na to fakt, że Polska jako członek Unii Europejskiej musi spełnić zobowiązania co do redukcji produkowanych zanieczyszczeń oraz osiąganego poziomu wykorzystania źródeł odnawialnych. Niespełnienie tych deklaracji może skutkować nałożeniem na Polskę sankcji [10]. Z tego powodu istnieją krajowe programy dofinansowania, które mają pomóc w osiągnięciu europejskich standardów. Równocześnie pomimo wciąż wysokich cen pomp ciepła oraz względnie wysokich cen kotłów kondensacyjnych Polacy mogą uzyskać wsparcie pieniężne do zakupu tych urządzeń, co pozwoli im na nabycie tańszego w eksploatacji, a przede wszystkim bardziej proekologicznego źródła ciepła.

## **Streszczenie**

Projekt zrealizowany na uczelni partnerskiej Hochschule Merseburg (Niemcy) dotyczył porównania parametrów pracy trzech różnych urządzeń grzewczych. Dzięki przeprowadzonym pomiarom na urządzeniach porównano moc otrzymaną w wyniku pracy wybranych urządzeń grzewczych, temperatury pracy instalacji (osiąganą temperaturę zasilania i powrotu), ilość wykorzystanego paliwa bądź energii elektrycznej, strumień przepływającej wody w instalacji oraz sprawność poszczególnych urządzeń. Analiza potwierdziła, że pompa ciepła jest najbardziej efektywnym urządzeniem spośród wszystkich badanych. Jej niewątpliwą zaletą jest kontrolowana emisja zanieczyszczeń (w elektrowniach). Jednak pomimo zalet technologicznych i ekologicznych największą wadą pomp ciepła jest ich cena, która może zniechęcić do ich zakupu.

## Abstract

The project carried out at the partner university Hochschule Merseburg (Germany) concerned a comparison of parameters of three different heating devices. The measurements carried out on the devices enabled to compare the following parameters: the power obtained from the operation of the heating devices, operating temperature, the amount of used fuel or electricity, the flow of water in the installation and the efficiency of each device. The analysis has proven that the heat pump is the most efficient device among all tested. Its unquestionable advantage is a controlled emission of pollutants (in power plants). Despite technological and environmental advantages, the biggest disadvantage of heat pumps is their discouraging price.

## Literatura

- [1] Foit H., Zastosowanie odnawialnych źródeł ciepła w ogrzewnictwie.
- [2] Lewandowski W., Proekologiczne odnawialne źródła energii, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.
- [3] Derlukiewicz D. i inni, Klasyfikacja gazowych kotłów grzewczych w aspekcie efektywnego wykorzystanie gazu, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2014.
- [4] Zaborowska E., Projektowanie kotłowni wodnych na paliwa ciekłe i gazowe, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2018.
- [5] Viessmann M., Podręcznik architekta, projektanta i instalatora. Pompy ciepła, Viessmann Werke, Allendorf (Eder), Wrocław 2013.
- [6] PA. Hilton Ltd, PA. Hilton Ltd, 2011. [online:]. Available: <http://www.p-a-hilton.co.uk/products/R832-Air-and-Water-Heat-Pump>, [dostęp: 28.08.2018].
- [7] Solvay Fluor, „Refripro,” 09. 04. 2001. [Online]. Available: [http://www.refripro.eu/fic\\_bdd/fluides\\_pdf\\_fichier/11630952540\\_SOL\\_KANE\\_134a.pdf](http://www.refripro.eu/fic_bdd/fluides_pdf_fichier/11630952540_SOL_KANE_134a.pdf). [dostęp: 7.08.2018].
- [8] Rozporządzenie Komisji (UE) NR 813/2013 z dnia 2 sierpnia 2013 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla ogrzewaczy pomieszczeń i ogrzewaczy wielofunkcyjnych, Bruksela 2013.



- [9] Recknagel H. i inni, Ogrzewanie i klimatyzacja, EWFE, Gdańsk 1994.
- [10] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy, Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej, 2008.

Opiekun naukowy:  
dr inż. Robert Cichowicz

